

(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

(12) Offenlegungsschrift
DE 101 48 967 A 1

(51) Int. Cl. 7:
B 22 F 3/105

(21) Aktenzeichen: 101 48 967.6
(22) Anmeldetag: 4. 10. 2001
(23) Offenlegungstag: 18. 4. 2002

(30) Unionspriorität:

2000-306546 05. 10. 2000 JP

(71) Anmelder:

Matsushita Electric Works, Ltd., Kadoma, Osaka, JP

(74) Vertreter:

Patentanwälte von Kreisler, Selting, Werner et col.,
50667 Köln

(72) Erfinder:

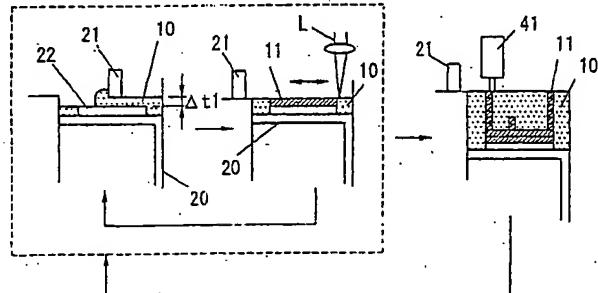
Abe, Satoshi, Kadoma-shi, Osaka, JP; Yoshida,
Norio, Kadoma-shi, Osaka, JP; Higashi, Yoshikazu,
Kadoma-shi, Osaka, JP; Togeyama, Hirohiko,
Kadoma-shi, Osaka, JP; Fuwa, Isao, Kadoma-shi,
Osaka, JP; Uenaga, Shushi, Kadoma-shi, Osaka, JP;
Machida, Seizo, Kadoma-shi, Osaka, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes

(57) Zur Herstellung eines dreidimensionalen Gegenstandes wird zuerst ein Lichtstrahl (L) auf einen vorbestimmten Bereich einer Pulverschicht (10) ausgegeben, um eine gesinterte Schicht (11) zu bilden, die anschließend mit einer neuen Pulverschicht (10) bedeckt wird. Der Lichtstrahl (L) wird erneut auf einen vorbestimmten Bereich der neuen Pulverschicht (10) ausgegeben, um eine weitere gesinterte Schicht (11) zu bilden, die mit der darunterliegenden gesinterten Schicht (11) verbunden ist. Diese Vorgänge werden wiederholt ausgeführt, um mehrere miteinander verbundene gesinterte Schichten (11) zu bilden, deren Größe größer ist als diejenige einer Ziel-Form des dreidimensionalen Gegenstandes. Ein Oberflächenbereich des zu diesem Zeitpunkt geformten Gegenstandes wird dann während der Bildung der mehreren gesinterten Schichten (11) entfernt.



DE 101 48 967 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes, bei dem bzw. der ein Ziel-Gegenstand durch Sintern und Härt(en) pulverförmigen Materials mittels eines Lichtstrahls erhalten wird.

[0002] Das Japanische Patent Nr. 2620353 beschreibt ein zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes vorgesehenes Verfahren, das als Photo-Formung bekannt ist. Gemäß dieser Schrift wird, wie dort in Fig. 21A gezeigt, zunächst ein Lichtstrahl L auf einen vorbestimmten Teil einer als organisches oder anorganisches Material vorliegenden Schicht pulverförmigen Materials ausgegeben, um eine gesinterte Schicht 11 zu bilden. Die in dieser Weise erhaltenen gesinterten Schichten 11 wird dann mit einer neuen Schicht pulverförmigen Materials bedeckt, und der Lichtstrahl L wird auf einen vorbestimmten Teil der neuen Schicht ausgegeben, um eine neue gesinterte Schicht 11 zu bilden, die mit der darunterliegenden Schicht 11 verbunden wird. Diese Vorgänge werden wiederholt ausgeführt, um einen gesinterten Artikel oder dreidimensionalen Gegenstand zu bilden, bei dem mehrere gesinterte Schichten 11 fest aufeinander laminiert sind. Gemäß diesem Verfahren wird das Ausgeben des Lichtstrahls L auf der Basis für jede der Schichten vorgesehener Schnittformdaten durchgeführt, die erzeugt werden, indem ein Modell von Design-Daten (CAD-Daten) des dreidimensionalen Gegenstandes in einer gewünschten Dicke scheibenweise zerteilt wird. Aus diesem Grund kann dieses Verfahren ohne eine CAM-Vorrichtung verwendet werden, um einen dreidimensionalen Gegenstand beliebiger Form herzustellen und um einen beliebigen geformten Gegenstand mit gewünschter Form im Vergleich mit einem Verfahren, bei dem ein Schneidvorgang vorgesehen ist, relativ schnell herzustellen.

[0003] Dieses Verfahren wird jedoch dadurch beeinträchtigt, dass aufgrund von Wärme, die von den gesinterten und gehärteten Teilen übertragen wird, überschüssiges Pulver 15 an diesen Teilen anhaftet, so dass an dem geformten Gegenstand eine Oberflächenschicht 16 niedriger Dichte ausgebildet wird.

[0004] Die (ungeprüfte) Japanische Offenlegungsschrift Nr. 2000-73108 beschreibt das Entfernen abgestufter äußerer Teile gemäß Fig. 21B, die aus der Laminierung der gesinterten Schichten 11 resultieren. Auch wenn gemäß Fig. 21C die abgestuften äußeren Bereiche entfernt worden sind, verbleibt jedoch die Oberflächenschicht 16 niedriger Dichte, so dass keine glatte Außenfläche erzeugt werden kann.

[0005] Zudem wird, falls die gesinterten Schichten nicht während des Sinterns mit einer hinreichenden Dichte (z. B. einer Porosität von weniger als 5%) versehen werden, durch das Entfernen der abgestuften äußeren Teile keine glatte Außenfläche erzielt, da auch nach dem Entfernungsvorgang Poren an der Oberfläche der gesinterten Schichten erscheinen.

[0006] Wenn nach dem Formen der geformte Gegenstand einer Oberflächen-Endbearbeitung zwecks Entfernen der Oberflächenschicht niedriger Dichte unterzogen wird, unterliegen die zur Oberflächen-Endbearbeitung verwendeten Werkzeuge je nach der Gestalt des geformten Gegenstandes verschiedenen Beschränkungen. Beispielsweise ist es gelegentlich unmöglich, relativ tiefe und schmale Nuten zu schneiden, da die im Durchmesser kleinen Werkzeuge hinsichtlich ihrer Länge beschränkt sind. In diesem Fall ist eine zusätzliche Funkenerosionsbearbeitung erforderlich, was Zeit- und Kostenprobleme verursacht.

[0007] Ferner ist, da der gesamte dreidimensionale Gegenstand durch das Pulver-Sinter-Verfahren hergestellt wird

oder jede Pulverschicht durch Ausgabe eines Laserstrahls auf die Schicht gesintert wird, dieses Verfahren je nach der Form des herzustellenden dreidimensionalen Gegenstandes sehr zeitaufwendig.

[0008] Die Erfindung soll die oben aufgeführten Nachteile beseitigen.

[0009] Somit ist es Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Verfahren und eine verbesserte Vorrichtung zu konzipieren, mittels derer ein dreidimensionaler Gegenstand in einer kurzen Zeit hergestellt werden kann.

[0010] Als weitere Aufgabe der Erfindung sollen dieses Verfahren und diese Vorrichtung dazu geeignet sein, die Oberfläche des Gegenstandes unabhängig von deren Form in kostengünstiger Weise einer glättenden Endbearbeitung zu unterziehen.

[0011] Zur Lösung dieser und weiterer Aufgaben wird mit der Erfindung ein Verfahren gemäß Anspruch 1 vorgeschlagen.

[0012] Da bei diesem Verfahren der Schritt (e) während des Schritts (d) ausgeführt wird, wird es möglich, die Oberfläche des Gegenstandes ohne Beschränkungen aufgrund der Bemessung der Endbearbeitungsmaschine, z. B. der Länge eines Bohrstocks oder dgl., einer Endbearbeitung zu unterziehen.

[0013] Das erfindungsgemäße Verfahren kann ferner die in Anspruch 2 angegebenen Schritte enthalten.

[0014] Dabei wird durch die Verwendung der Basis ermöglicht, dass die Ausbildung und das Sintern einer bestimmten Anzahl von Pulverschichten, die der Dicke der Basis entsprechen, entfallen kann und somit der Zeitaufwand zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes, der bisher durch eine Anzahl von Sintervorgängen hergestellt wurde, reduziert werden kann. Durch das Vorhandensein der Basis besteht ferner die Möglichkeit, einen dreidimensionalen Gegenstand herzustellen, der enge Nuten mit einem hohen Seitenverhältnis aufweist.

[0015] Das erfindungsgemäße Verfahren kann ferner die in Anspruch 3 angegebenen Schritte enthalten.

[0016] Dabei kann, falls die Basis eine Vertiefung, in der einige der gesinterten Schichten ausgebildet werden, oder eine gleichförmige Oberfläche aufweist, auf der die unterste gesinterte Schicht ausgebildet wird, die Verbondungsstärke zwischen der Basis und den gesinterten Schichten erhöht werden.

[0017] Vorzugsweise ist das erfindungsgemäße Verfahren ferner durch die Merkmale gemäß Anspruch 4 gekennzeichnet. Dadurch kann die Gegenstands-Oberfläche durch die Endbearbeitung sehr glatt ausgebildet werden.

[0018] Durch das in Anspruch 5 angegebene Verfahrensmerkmal erhält die exponierte Oberfläche eine hohe Dichte und ist somit glatt.

[0019] Wenn gemäß Anspruch 6 das Entfernen des Oberflächenbereiches durch Schneiden erfolgt, wird vorzugsweise gemäß Anspruch 7 vor dem Schritt (e) ein Lichtstrahl auf einen zu entfernenden Teil ausgegeben, um diesen Teil weichzumachen. Durch das Ausgeben des Lichtstrahls wird es möglich, den Zeitaufwand für das Schneiden zu verkürzen, so dass sich die Betriebslebensdauer des Schneidwerkzeugs verlängert.

[0020] Weitere Merkmale der erfindungsgemäßen Verfahren sind in den Ansprüchen 7, 8 und 9 angegeben.

[0021] Durch den in Anspruch 10 angegebenen Verfahrensschritt wird eine nach diesem Schritt ausgebildete neue Pulverschicht nicht durch Schleifspäne beeinträchtigt.

[0022] Durch den Verfahrensschritt gemäß Anspruch 11 kann, da sich keine Schleifspäne mit dem ungesinterten Pulver vermischen, das ungesinterte Pulver neu verwendet werden.

[0023] Bei dem Verfahrensschritt gemäß Anspruch 12 kann durch die Verwendung von Harz oder Wachs die Menge an Pulver reduziert werden, wenn anschließend eine neue Pulverschicht gebildet wird.

[0024] Durch den Verfahrensschritt gemäß Anspruch 13 entfällt die Notwendigkeit eines Nachfüllens pulvelförmigen Materials, und es wird ermöglicht, ohne Schwierigkeiten nur die Schleifspäne zu entfernen.

[0025] Weitere Merkmale der erfindungsgemäßen Verfahren sind in den Ansprüchen 14 und 15 angegeben.

[0026] Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes nach Anspruch 16.

[0027] Die Ausgestaltung der Vorrichtung gemäß Anspruch 16 trägt zu einer Verbesserung der Qualität der Oberfläche des Gegenstandes bei.

[0028] Durch die gemäß Anspruch 17 vorgesehene Ausgestaltung der Entladeeinheit wird verhindert, dass die neue Pulverschicht durch die Schleifspäne beeinträchtigt wird.

[0029] Eine weitere Ausgestaltung der Vorrichtung ist in Anspruch 18 aufgeführt.

[0030] Diese und weitere Aufgaben und Merkmale der Erfindung werden anhand der folgenden detaillierten Beschreibung der Zeichnungen deutlicher ersichtlich.

[0031] Es zeigen:

[0032] Fig. 1 eine schematische perspektivische Darstellung einer Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes gemäß einer ersten Ausführungsform;

[0033] Fig. 2 eine schematische Seitenansicht des erzeugten dreidimensionalen Gegenstandes;

[0034] Fig. 3 eine schematische Darstellung des Datenstroms zur Veranschaulichung der Weise der Herstellung des dreidimensionalen Gegenstandes;

[0035] Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Modells mit einem hochdichten Oberflächenbereich;

[0036] Fig. 5A eine vertikale Schnittansicht mehrerer gesinteter Schichten;

[0037] Fig. 5B eine vertikale Schnittansicht mehrerer gesinteter Schichten nach dem Entfernen eines Oberflächenbereiches dieser Schichten;

[0038] Fig. 6A eine schematische vertikale Schnittansicht eines geformten Gegenstandes mit gleichförmiger überschüssiger Dicke;

[0039] Fig. 6B eine Fig. 6A ähnliche Ansicht eines weiteren geformten Gegenstandes mit variierender überschüssiger Dicke;

[0040] Fig. 7 eine Fig. 6A ähnliche Ansicht der vertikalen Schnittaufteilung im Falle eines Ziel-Gegenstandes mit einer leichten Neigung;

[0041] Fig. 8 eine perspektivische Ansicht eines geformten Gegenstandes in einer Situation, in der ein unmittelbar vor einem Schneidwerkzeug angeordneter Bereich des Gegenstandes mit einem Lichtstrahl bestrahlt wird;

[0042] Fig. 9 eine Fig. 8 ähnliche Ansicht in einer Situation, in der der Lichtstrahl auf einen Bereich ausgegeben wird, unmittelbar nachdem das Schneidwerkzeug diesen Bereich durchlaufen hat;

[0043] Fig. 10 eine schematische perspektivische Ansicht einer Modifikation der Vorrichtung gemäß Fig. 1;

[0044] Fig. 11 eine schematische perspektivische Ansicht einer weiteren Modifikation der Vorrichtung gemäß Fig. 1;

[0045] Fig. 12A eine schematische Seitenansicht einer über dem geformten Gegenstand angeordneten Saugdüse;

[0046] Fig. 12B eine schematische Seitenansicht einer über dem geformten Gegenstand angeordneten weiteren Saugdüse;

[0047] Fig. 13A eine schematische Ansicht einer Saugdüse, die mit einem Pulvertank in Verbindung steht;

[0048] Fig. 13B eine Fig. 13A ähnliche Ansicht in dem Fall, in dem die Saugdüse mit einem Schleifspäne-Tank in Verbindung steht;

[0049] Fig. 14A eine schematische vertikale Schnittansicht des geformten Gegenstandes in dem Zustand, in dem ein Raum, aus dem ungesintertes Pulver entfernt worden ist, mit Harz oder Wachs gefüllt wird;

[0050] Fig. 14B eine Fig. 14A ähnliche Ansicht in der Situation, in der eine neue Pulverschicht auf dem geformten Gegenstand gemäß Fig. 14A ausgebildet wird;

[0051] Fig. 14C eine Fig. 14A ähnliche Ansicht, in der jedoch der Fall gezeigt ist, in dem ungesintertes Pulver gefriergekärtet wird;

[0052] Fig. 15 eine schematische Seitenansicht der Saugdüse bei Befestigung an einer Antriebseinheit zum Antreiben eines Ausschleifmessers;

[0053] Fig. 16A eine perspektivische Ansicht der Saugdüse bei Befestigung an einer XY-Antriebseinheit zwecks ausschließlicher Verwendung der Saugdüse;

[0054] Fig. 16B eine Fig. 16A ähnliche Ansicht der Saugdüse bei Befestigung an einer XY-Antriebseinheit einer Oberflächenabtrageeinheit;

[0055] Fig. 17 eine schematische perspektivische Darstellung einer Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes gemäß einer zweiten Ausführungsform;

[0056] Fig. 18A bis 18D schematische Seitenansichten zur Darstellung der Weise, in der mehrere gesinterte Schichten auf einer Basis ausgebildet werden;

[0057] Fig. 19 eine Draufsicht auf die Basis in der Situation, in der die Position, die mit dem Lichtstrahl bestrahlt werden soll, mit der Position ausgerichtet wird, die tatsächlich mit dem Lichtstrahl bestrahlt wird;

[0058] Fig. 20 eine schematische Seitenansicht eines Beispiels des dreidimensionalen Gegenstandes;

[0059] Fig. 21A eine vertikale Schnittansicht mehrerer gesinteter Schichten in dem Zustand, in dem überschüssiges Pulver an diesen anhaftet;

[0060] Fig. 21B eine vertikale Schnittansicht mehrerer gesinteter Schichten mit abgestuften Außenbereichen; und

[0061] Fig. 21C eine vertikale Schnittansicht der mehreren gesinterten Schichten nach dem Entfernen der abgestuften Außenbereiche.

[0062] Diese Anmeldung basiert auf den Japanischen Anmeldungen Nr. 2000-306546 und 2001-192121, deren Inhalt hiermit durch Verweis in die vorliegende Anmeldung einbezogen wird.

[0063] Fig. 1 zeigt eine gemäß einer ersten Ausführungsform ausgebildete Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes. Die Vorrichtung weist eine Pulverschicht-Bildungseinheit 2 zum Bilden einer Pulverschicht 10, eine (im folgenden als Sinterschicht-Bildungseinheit bezeichneten) Einheit 3 zum Bilden einer gesinterten Schicht 11 und eine Oberflächenschicht-Entfernungseinheit 4 zum Entfernen einer Oberflächenschicht niedriger Dichte auf. Die Pulverschicht-Bildungseinheit 2 bildet die Pulverschicht 10 gewünschter Dicke Δt_1 durch Zuführen organischen oder anorganischen pulverförmigen Materials auf einen Sinter-Tisch 20, der sich vertikal innerhalb eines von einem Zylinder umgebenen Raums bewegt, und durch Ebnen

bzw. Ausstreichen des pulverförmigen Materials mittels eines Ausschleif- oder Ebnungsmessers 21. Der Sinter-Tisch 20 wird mittels einer Antriebseinheit zur Auf- und Abbewegung angetrieben. Die Sinterschicht-Bildungseinheit 3 bildet die gesinterte Schicht 11, indem sie die Pulverschicht 10 über ein optisches Abtastsystem, das einen Deflektor und dgl. aufweist, mit einem aus einem Laserstrahlgenerator 30 ausgegebenen Laser bestrahlt. Die Oberflächenschicht-Entfernungseinheit 4 weist eine XY-Antriebseinheit 40, die an

einer Basis der Einheit 4 befestigt ist, und eine Endbearbeitungsmaschine 41 auf, die an der XY-Antriebseinheit 40 befestigt ist. Vorzugsweise wird die XY-Antriebseinheit 40 von einem Linearmotor mit hoher Geschwindigkeit angetrieben. Als Deflektor 31 wird vorzugsweise ein Galvanometerspiegel verwendet. Bei der Endbearbeitungsmaschine 41 handelt es sich vorzugsweise um eine Schneidmaschine wie z. B. eine End-Fräsmaschine oder eine Bohrmaschine, wie z. B. eine End-Fräsmaschine oder eine Bohrmaschine, eine Laserstrahlapparatur oder eine Strahleaufschlagungsapparatur zum Ausführen einer plastischen Bearbeitung eines Gegenstandes durch Blasen gesinterten Pulvers gegen den Gegenstand. Anstelle der XY-Antriebseinheit kann eine Polarkoordinaten-Antriebseinheit verwendet werden.

[0064] In Fig. 2 ist dargestellt, wie unter Verwendung der oben beschriebenen Vorrichtung der dreidimensionale Gegenstand hergestellt wird. Gemäß Fig. 2 wird zuerst das organische oder anorganische Pulver auf einer Basis 22 platziert, die an dem Sinter-Tisch 20 befestigt ist, welcher als Abstandsregulator zum Regeln des Abstandes zwischen der Sinterschicht-Bildungseinheit 3 und einer gesinterten Schicht verwendet wird. Das auf die Basis 22 aufgebrachte pulverförmige Material wird dann mittels des Ausstreichmessers 21 gegeben, um eine erste Pulverschicht 10 zu bilden, und ein Lichtstrahl (Laserstrahl) L wird auf einen gewünschten Teil der Pulverschicht 10 ausgegeben, um ihn zu sintern und dadurch eine mit der Basis 22 verbundene gesinterte Schicht 11 zu bilden.

[0065] Anschließend wird der Sinter-Tisch um eine vorbestimmte Strecke abgesenkt, und es wird eine zweite Pulverschicht 10 gebildet, indem erneut pulverförmiges Material zugeführt wird und mit dem Ausstreichmesser 21 gegeben wird. Wiederum wird der Lichtstrahl L auf einen gewünschten Teil der zweiten Pulverschicht ausgegeben, um diesen zu sintern, so dass eine weitere gesinterte Schicht 11 gebildet wird, die mit der darunterliegenden gesinterten Schicht 11 verbunden ist.

[0066] Der Vorgang des Bildens einer neuen Pulverschicht 10 nach dem Absenken des Sinter-Tisches und der Vorgang des Ausgebens der Lichtstrahls L auf einen gewünschten Teil der neuen Pulverschicht 10 zur Bildung einer neuen gesinterten Schicht 11 werden wiederholt ausgeführt, um in dieser Weise den dreidimensionalen Gegenstand zu bilden. Generell werden als Pulvermaterial sphärische Eisenpulver-Partikel mit einem durchschnittlichen Durchmesser von ungefähr 20 µm verwendet, und als Lichtstrahl wird vorzugsweise ein CO₂-Laser verwendet. Die bevorzugte Dicke Δt1 jeder Pulverschicht 10 beträgt ungefähr 0,05 mm.

[0067] Fig. 3 zeigt schematisch ein Beispiel für den Datenfluss bei der Vorrichtung bzw. dem Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes. Mittels dieses Datenflusses können einem gewünschten dreidimensionalem CAD-Modell zwei Arten von Daten zugeordnet werden, und zwar Daten, die einen Laserbestrahlungsweg angeben, und Daten, die einen Schnitt-Weg angeben. Diese Wege werden auf der Basis dreidimensionaler CAD-Daten erstellt, die im voraus konzipiert werden, um die gewünschte Form anzugeben.

[0068] Der Weg der Laserbestrahlung ist im wesentlichen der gleiche wie derjenige bei dem herkömmlichen Formungsverfahren, bei dem die Ziel-Form durch Kontur-Daten für jeden Abschnitt bestimmt wird, der gebildet worden ist, indem auf der Basis des dreidimensionalen CAD-Modells erzeugte STL-Daten mit gleichen Teilungen (0,05 mm bei dieser Ausführungsform) scheibenweise zerlegt werden. Aus den Kontur-Daten werden durch Einbeziehung von Laserbestrahlungs-Bedingungen (der Abtastgeschwindigkeit,

des Punkt-Durchmessers, der Energie und dgl.) neue Daten gebildet, die ihrerseits beim Endbearbeitungsvorgang verwendet werden.

[0069] Bei dem Schnitt-Weg handelt es sich um einen Weg, der unter Berücksichtigung des Durchmessers, des Typs, der Zuführrate, der Drehgeschwindigkeit etc. des bei dem dreidimensionalen CAM zu verwendenden Endbearbeitungs-Werkzeugs berechnet wird. Die diesen Weg angebenden Daten werden ebenfalls in den Endbearbeitungsvorgang einbezogen.

[0070] Die den Laserbestrahlungsweg angebenden Daten werden in einem Laser-Sintervorgang verwendet, während die den Schnitt-Weg angebenden Daten in einem Hochgeschwindigkeits-Schneidvorgang verwendet werden. Diese beiden Vorgänge werden wiederholt ausgeführt, um den Ziel-Gegenstand fertigzustellen.

[0071] Vorzugsweise wird die Einwirkung des Lichtstrahls derart gesteuert, dass mindestens der Oberflächenbereich des dreidimensionalen Gegenstandes beim Sintern 20 eine hohe Dichte erhält (z. B. eine Porosität von weniger als 5%). Dies ist notwendig, weil selbst nach dem Entfernen der Oberflächenschicht mittels der Oberflächenschicht-Entfernungseinheit 4 und selbst im Fall einer niedrigen Dichte des Oberflächenbereichs die nach dem Oberflächenentfernungs vorgang verbleibende Oberfläche immer noch porös ist. Deshalb werden gemäß Fig. 4 die Modell-Daten in diejenigen für den Oberflächenbereich S und diejenigen für den inneren Bereich N unterteilt, und der Lichtstrahl wird unter den Bedingungen ausgegeben, unter denen der innere Bereich porös wird und der Oberflächenbereich S beim Schmelzen des Großteils des darin enthaltenen Pulvermaterials eine hohe Dichte erhält.

[0072] In Fig. 5A ist mit 12 ein Bereich hoher Dichte bezeichnet, und mit 16 ist eine Oberflächenschicht niedriger Dichte bezeichnet, die, wie oben erläutert, durch Anhaften des pulverförmigen Materials gebildet worden ist. Der innerhalb des Bereichs 12 hoher Dichte gelegene Innenbereich hat eine niedrigere Dichte als der Bereich 12 hoher Dichte, jedoch eine höhere Dichte als die Oberflächenschicht 16 niedriger Dichte.

[0073] Wenn während des Ausbildens mehrerer gesinteter Schichten 11 deren Gesamt-Dicke einen spezifischen Wert erreicht, der z. B. auf der Basis der Werkzeug-Länge eines Fräskopfs 41 bestimmt worden ist, wird die Oberflächenschicht-Entfernungseinheit 4 aktiviert, um die Oberfläche des dreidimensionalen Gegenstandes zu schneiden, der zu diesem Zeitpunkt geformt worden ist. Beispielsweise kann mit einem Werkzeug (Kugelkopf-Fräser) des Fräskopfs 41, das einen Durchmesser von 1 mm und eine effektive Messer-Länge von 3 mm hat, ein Schneiden bis zu einer Tiefe von 3 mm erzielt werden. Somit wird, falls die Pulverschicht 10 eine Dicke Δt1 von 0,05 mm hat, die Oberflächenschicht-Entfernungseinheit 4 aktiviert, wenn sechzig gesinterte Schichten 11 gebildet worden sind.

[0074] Gemäß Fig. 5A kann jede Oberflächenschicht-Entfernungseinheit 4 die durch das Anhaften des Pulvers an der Oberfläche des geformten Gegenstandes gebildete Oberflächenschicht 16 niedriger Dichte entfernen und kann gleichzeitig einen Teil des Bereichs 12 hoher Dichte herauschneiden, so dass gemäß Fig. 5B der Bereich 12 hoher Dichte auf der gesamten Fläche des geformten Gegenstands freigelegt wird. Zu diesem Zweck wird die Form der gesinterten Schichten 11 mit einer Größe ausgebildet, die etwas über der Größe der gewünschten Form M liegt.

[0075] Wenn z. B. der optische Laser L unter den nachstehend aufgeführten Bedingungen entlang einer gewünschten Konturlinie ausgegeben wird, wird die horizontale Bemessung (Breite) jeder gesinterten Schicht 11 ungefähr 0,03 mm

größer als diejenige der gewünschten Form M.

Laser-Leistung: 200 W

Laserpunkt-Durchmesser: 0,6 mm

Tastgeschwindigkeit: 50 mm/s

[0076] Die überschüssige Dicke in der horizontalen Richtung kann derjenigen in der horizontalen Richtung gleich sein oder sich von ihr unterscheiden. Die vertikale Größe der Form der gesinterten Schichten 11 wird durch Modifizieren der Original-Daten erhalten, die die vertikale Größe der gewünschten Form M angeben.

[0077] Fig. 6A zeigt den Fall, in dem die überschüssige Dicke in der horizontalen Richtung im wesentlichen die gleiche ist wie diejenige in der vertikalen Richtung, während Fig. 6B den Fall zeigt, in dem sich die überschüssige Dicke in der horizontalen Richtung von derjenigen in der vertikalen Richtung unterscheidet. In Fig. 6A und 6B zeigt die unterbrochene Linie die Form der gesinterten Schichten 11 an, während die gewünschte Form M in einer durchgezogenen Linie gezeigt ist.

[0078] Wie bereits beschrieben wird der Schnitt-Weg sowie der Laserbestrahlungs-Weg auf der Basis der dreidimensionalen CAD-Daten erstellt. Obwohl der Schnitt-Weg basierend auf dem sogenannten Konturlinien-Verarbeitungsvorgang bestimmt wird, braucht die vertikale Teilung des Schnitt-Wegs nicht immer die gleiche zu sein wie die Laminierungs-Teilung während des Sinterns. Falls der Ziel-Gegenstand gemäß Fig. 7 eine leichte Schräglage aufweist, kann eine glatte Oberfläche hergestellt werden, indem der vertikale Weg reduziert wird.

[0079] Falls das Schneiden unter Verwendung einer Kugelkopf-Fräser mit einem Durchmesser von 1 mm ausgeführt wird, werden vorzugsweise die Schneid-Tiefe, die Zuführrate und die Drehgeschwindigkeit des Werkzeugs auf 0,1–0,5 mm bzw. 5–50 m/min. bzw. 20.000–100.000 u/min. eingestellt.

[0080] Das Schneiden kann auf die in Fig. 8 gezeigte Weise durchgeführt werden. Insbesondere wird der unmittelbar vor einem Werkzeug 44 befindliche Teil des Gegenstandes mittels eines Lichtstrahls (Laserstrahl) L kleiner Energiedichte bestrahlt und erwärmt, so dass der Gegenstand durch den Strahl erweicht werden kann. Indem der Gegenstand im erweichten Zustand mit dem Werkzeug 44 geschnitten wird, wird die erforderliche Schneidkraft reduziert, so dass Schnittzeit verkürzt und die Betriebslebensdauer des Werkzeugs 44 verlängert wird.

[0081] Ferner kann gemäß Fig. 9 der Lichtstrahl L auf den Teil unmittelbar nach dem Durchlauf des Werkzeugs 44 gerichtet werden. Dadurch wird dieser Teil geschmolzen und gehärtet oder wärmebehandelt, so dass ihm eine höhere Dichte verliehen wird.

[0082] Fig. 10 zeigt eine Modifikation der Vorrichtung gemäß Fig. 1. Die Vorrichtung gemäß Fig. 10 weist einen Bestrahlungskopf 35 auf, der an der XY-Antriebseinheit 40 der Oberflächenschicht-Entfernungseinheit 4 befestigt ist und dazu dient, einen über eine optische Faser 36 aus dem Laserstrahlgenerator 30 der Sinterschicht-Bildungseinheit 3 empfangenen Lichtstrahl auszugeben. Durch diese Ausgestaltung wird die Anzahl der Gerätekomponenten reduziert.

[0083] Fig. 11 zeigt eine weitere Modifikation der Vorrichtung gemäß Fig. 1. Die Vorrichtung gemäß Fig. 11 weist eine in der Nähe der Endbearbeitungsmaschine 41 angeordnete Saugdüse 51 und eine mit der Saugdüse 51 verbundene Luftpumpe 50 auf. Die Saugdüse wirkt als Abföhreinrichtung zum Abführen ungesinterten Pulvers oder Schleifabriebs gleichzeitig mit dem Schneiden. Die Saugdüse hat einen vorteilhaften Effekt, da nicht nur ungesinterte Pulver oder Schleifspäne die von der Oberflächenschicht-Entfernungseinheit 4 durchgeführte Abtragarbeit behindern, son-

dern zudem gelegentlich Schleifspäne von dem Ausstreichmesser 21 erfasst werden und das Messer daran hindern, eine flache Pulverschicht zu bilden. Falls sich Schleifspäne zwischen dem Ausstreichmesser 21 und dem geformten Gegenstand festsetzen, wird das Ausstreichmesser 21 gelegentlich sogar zum Stillstand gebracht.

[0084] Fig. 12A zeigt den Fall, in dem die mit der Luftpumpe 50 verbundene Saugdüse 51 seitlich neben dem Fräskopf 41 angeordnet ist, während Fig. 12B den Fall zeigt, in dem der Fräskopf 41 konzentrisch innerhalb der Saugdüse 51 angeordnet ist. Somit ist in beiden Fällen die Saugdüse 51 in enger Nähe zu dem Fräskopf 41 gehalten.

[0085] Gemäß Fig. 13A und 13B kann die Saugdüse 51 derart ausgestaltet sein, dass sie wahlweise mit einem Pulver-Tank 52 oder einem Schleifspäne-Tank 53 verbunden werden kann. In diesem Fall wird vor dem Schneiden die Saugdüse 51 mit dem Pulver-Tank 52 verbunden, um ungesintertes Pulver in die Düse einzuführen, und gleichzeitig mit dem Schneiden wird die Saugdüse 51 mit dem Schleifspäne-Tank 52 verbunden, um die Schleifspäne in den Tank einzuführen. Auf diese Weise können sich keine Schleifspäne mit dem ungesinterten Pulver vermischen, so dass das ungesinterte Pulver neu verwendet werden kann.

[0086] Wenn ungesintertes Pulver mittels der Saugdüse 51 angezogen und entfernt wird, ist eine große Menge an Pulver zur Bildung einer neuen Pulverschicht 10 auf der gesinterten Schicht bzw. den Schichten 11 erforderlich, nachdem das ungesinterte Pulver entfernt worden ist. Dementsprechend wird es im Falle eines mehrmaligen Wiederholens des Vorgangs des Entfernen ungesinterten Pulvers erforderlich, vor jedem Sintern Pulver in den gesamten Raum einzufüllen, aus dem das ungesinterte Pulver entfernt worden ist, was einen hohen Zeitverlust verursacht.

[0087] Zur Lösung dieses Problems kann dieser Raum mit Harz oder Wachs gefüllt werden, das seinerseits gehärtet wird, um einen gehärteten Bereich zu bilden, wie Fig. 14A zeigt. In diesem Fall wird gemäß Fig. 14B die nächste Pulverschicht 10 auf der obersten gesinterten Schicht 11 und dem gehärteten Bereich 18 ausgebildet, so dass die erforderliche Menge von Pulver reduziert werden kann und ein Vermischen von Schleifspänen mit dem ungesinterten Pulver verhindert werden kann.

[0088] Alternativ kann das ungesinterte Pulver gefriergehärtet werden, z. B. indem gemäß Fig. 14C flüssiger Stickstoff aus einer Düse 54 in das Pulver geblasen wird. Bei Bedarf kann zusammen mit dem flüssigen Stickstoff ein Feuchtigkeitsenthaltendes Gas verwendet werden.

[0089] Obwohl bei der oben beschriebenen Ausführungsform in der Oberflächenschicht-Entfernungseinheit 4 ein Schneidwerkzeug verwendet wird, kann in dieser Einheit auch ein Hochleistungs-Laser verwendet werden. Beispielsweise kann ein Q-geschalteter YAG-Laser mit einer Peak-Ausgangsleistung von mehr als 10 kW die Oberflächenschicht 16 niedriger Dichte schnell entfernen, indem er die Schicht schnell verdunsten lässt. Ferner ist der zu entfernende Bereich nicht auf die Oberflächenschicht 16 niedriger Dichte beschränkt. Selbst falls je nach der Form des Ziel-Gegenstandes ein Teil erzeugt wird, der ursprünglich unnötig ist, kann dieser auch wieder entfernt werden.

[0090] Vorzugsweise ist gemäß Fig. 15 die Saugdüse 51 an einer Antriebseinheit zum Antrieben des Ausstreichmessers 21 in der Pulverschicht-Bildungseinheit 2 befestigt. Mit dieser Anordnung entfällt die Notwendigkeit eines ausschließlich für die Saugdüse vorgesehenen Antriebsmechanismus, so dass die Struktur der Vorrichtung vereinfacht wird.

[0091] Alternativ kann gemäß Fig. 16A die Saugdüse 51 an einer ausschließlich für diese vorgesehenen XY-An-

triebseinheit 55 befestigt sein, oder gemäß Fig. 16B kann die Düse an der XY-Antriebseinheit 40 der Oberflächenschicht-Entfernungseinheit 4 befestigt sein. Die XY-Antriebseinheit 40 oder 55 ist derart ausgelegt, dass sie die Saugdüse 51 vor der Endbearbeitungsmaschine 41 her bewegt, und arbeitet derart, dass sie die Saugdüse 51 entlang der Konturlinie jeder zu formenden Ebene bewegt, so das ungesintertes Pulver um die gesinterte(n) Schicht(en) 11 durch die Saugdüse 51 entfernt werden kann. Mit dieser Ausgestaltung wird verhindert, dass sich ungesintertes Pulver an der Oberflächenschicht-Entfernungseinheit 4 verfängt, so dass eine hochpräzise Oberfläche gebildet werden kann.

[0092] Fig. 17 zeigt eine gemäß einer zweiten Ausführungsform ausgebildete Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes. Diese Vorrichtung weist eine Pulverschicht-Bildungseinheit 2 zum Bilden einer Pulverschicht 10, eine Sinterschicht-Bildungseinheit 3 zum Bilden einer gesinterten Schicht 11 und eine Oberflächenschicht-Entfernungseinheit 4 zum Entfernen einer Oberflächenschicht niedriger Dichte auf. Die Pulverschicht-Bildungseinheit 2 bildet die Pulverschicht 10 gewünschter Dicke Δt_1 durch Zuführen organischen oder anorganischen pulverförmigen Materials auf einen Sinter-Tisch 20, der sich vertikal in einem von einem Zylinder umgebenen Raum bewegt, und durch Ebnen bzw. Ausstreichen des pulverförmigen Materials mittels eines Ausstreichmessers 21. Der Sinter-Tisch 20 ist mittels einer Antriebseinheit auf- und abbewegbar. Die Sinterschicht-Bildungseinheit 3 bildet die gesinterte Schicht 11, indem sie die Pulverschicht 10 über ein optisches Abtastsystem, das einen Defektor und dgl. aufweist, mit einem Laser aus einem Laserstrahlgenerator 30 bestrahlt. Die Oberflächenschicht-Entfernungseinheit 4 weist eine XY-Antriebseinheit 40, die an einer Basis der Einheit 4 befestigt ist, und eine Endbearbeitungsmaschine 41 auf, die an der XY-Antriebseinheit 40 befestigt ist. Die Vorrichtung gemäß Fig. 17 weist ferner eine Steuereinrichtung 60 zum Steuern des Betriebs der oben beschriebenen Einheiten und Vorrichtungen, und eine Ausrichteinheit 62 mit einer Kamera 64 zum Erhalt von Bilddaten zu dem Sinter-Tisch 20 und mit einem von der Steuereinrichtung 60 auszuführenden Ausrichtprogramm auf.

[0093] Zur Herstellung eines dreidimensionalen Gegenstandes gewünschter Form mittels der oben beschriebenen Vorrichtung wird zuerst eine Basis 22 gebildet, deren Form derjenigen einer gesamten unteren Struktur des dreidimensionalen Gegenstandes oder derjenigen eines Teils des Gegenstandes entspricht. Die Basis 22 kann aus jedem beliebigen Material bestehen, das mit einer auf ihr gebildeten gesinterten Schicht verbunden werden kann.

[0094] Gemäß Fig. 18A wird die Basis 22 auf dem Sinter-Tisch 20 plaziert und mittels der Endbearbeitungsmaschine 41 einem gewünschten maschinellen Bearbeitungsvorgang unterzogen. Das maschinelle Bearbeiten erfolgt auf der Basis von Daten, die die Form nach dem Bearbeiten angeben; diese Daten sind erstellt worden, indem im voraus die vorbestimmten Bedingungen den CAD-Daten des dreidimensionalen Gegenstandes auferlegt wurden.

[0095] Nach dem maschinellen Bearbeiten wird gemäß Fig. 18B die Kamera 64 eingeschaltet, um die Position der Basis 22 auf dem Sinter-Tisch 20 durch Erfassen von Bilddaten hiervon zu verifizieren, und um die Konturlinie der Basis 22 in Draufsicht zu detektieren, so dass die Laserauf treffpunkt mit der Position auf der Oberfläche der Basis 22 in Übereinstimmung gebracht werden kann, wenn mit dem Sintern begonnen werden soll. Anschließend wird die Oberfläche der Basis 22 mit einem Lichtstrahl L niedriger Energiedichte markiert, und die Bilddaten der markierten

Position werden mit der Kamera 64 erfasst. Zu diesem Zeitpunkt wird gemäß Fig. 19, falls die Position A, an der der Lichtstrahl L in Bezug auf die Basis 22 auftreffen soll, von der Position B des tatsächlichen Auftreffens der Lichtstrahls

5 L abweicht, mittels der Steuereinrichtung 60 die Abweichung zwischen den Koordinaten der Basis 22 und denjenigen des Lichtstrahlauflagesystems detektiert, um die Abweichung zu korrigieren.

[0096] Nach dem Abschluss dieses Ausrichtvorgangs 10 wird gemäß Fig. 18C dem Sinter-Tisch 20 Pulvermaterial zugeführt, das seinerseits von dem Ausstreichmesser 21 geglättet wird, um eine Pulverschicht 10 mit einer Dicke Δt_1 zu bilden. Die Pulverschicht 10 wird dann mit dem Lichtstrahl L bestrahlt, um einen gewünschten Bereich der 15 Schicht zu sintern. Nachdem das Formen der Pulverschicht 10 und das Sintern der Schicht durch den Lichtstrahl L wiederholt ausgeführt worden sind, erhält man den dreidimensionalen Gegenstand, der eine aus der Basis 22 gebildete untere Struktur und eine aus mehreren aufeinander laminierten 20 gesinterten Schichten 11 gebildete obere Struktur aufweist, wie Fig. 18D zeigt.

[0097] Durch die Basis 22 entfällt der zeitintensive Arbeitsaufwand, der zum Laminieren und Sintern einer bestimmten Anzahl von Pulverschichten 10, die in ihrer Gesamtheit der Dicke der Basis 22 entsprächen, verursacht 25 würde.

[0098] Falls die zum maschinellen Bearbeiten der Basis 22 erforderliche Zeit länger ist als die Zeit, die zum Bilden mehrerer gesinteter Schichten 11 mit gleicher Form wie die 30 Basis 22 erforderlich ist, führt die Verwendung der Basis 22 zu einem Anstieg der zur Herstellung des dreidimensionalen Gegenstandes erforderlichen Zeit. Deshalb werden der Vorgang zum maschinellen Bearbeiten der Basis 22 und der Vorgang zum Sintern der gesinterten Schichten 11 im voraus 35 simuliert, und falls die für den erstgenannten Vorgang erforderliche Zeit kürzer ist als die Zeit für den letzteren Vorgang, wird die Basis 22 verwendet.

[0099] Im folgenden wird die Verwendung der Basis anhand einer Struktur gemäß Fig. 20 weiter erläutert.

[0100] Nur falls die erforderliche Zeit zum maschinellen Erzeugen eines Teils C der Struktur kürzer ist als erforderliche Zeit zum Erzeugen des Teil C durch Laminieren mehrerer gesinteter Schichten 11, wird die Struktur gemäß Fig. 20 40 als Basis 22 verwendet. Falls hingegen die erforderliche Zeit zum maschinellen Erzeugen des Teils C der Struktur kürzer ist als erforderliche Zeit zum Erzeugen des Teils C durch Laminieren der gesinterten Schichten 11, wird an der Struktur ein maschineller Bearbeitungsvorgang in Bezug auf einen Teil D vorgenommen, um eine Basis 22 ohne den Teil C 45 zu bilden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes, mit den folgenden Schritten:

(a) Ausgeben eines Lichtstrahls (L) auf einen vorbestimmten Teil einer Pulverschicht (10) zum Bilden einer gesinterten Schicht (11);

(b) Bedecken der gesinterten Schicht (11) mit einer neuen Pulverschicht (10);

(c) Ausgeben des Lichtstrahls (L) auf einen vorbestimmten Teil der neuen Pulverschicht (10) zum Bilden einer weiteren gesinterten Schicht (11), die mit der darunterliegenden gesinterten Schicht (11) verbunden wird;

(d) Wiederholen der Schritte (b) und (c) zum Bilden mehrerer miteinander verbundener gesinteter Schichten (11), deren Größe größer ist als die

- Größe der Ziel-Form des dreidimensionalen Gegenstandes; und
 (e) Entfernen eines Oberflächenbereichs eines bis dahin während des Schritts (d) gebildeten geformten Gegenstandes.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Schritte vor dem Schritt (a):
 (a1) Plazieren einer Basis (22), die eine untere Struktur des dreidimensionalen Gegenstandes bildet, auf einem Sinter-Tisch (20);
 (a2) maschinelles Bearbeiten der Basis (22); und
 (a3) Ausrichten der Basis (22) mit einer Lichtstrahl-Aufstellposition.
3. Verfahren gemäß Anspruch 2, gekennzeichnet durch folgende Schritte vor dem Schritt (a1):
 Vergleichen der zum maschinellen Bearbeiten der Basis (22) erforderlichen Zeit mit der Zeit, die zum Bilden mehrerer gesinteter Schichten (11) mit der gleichen Form wie derjenigen der Basis (22) erforderlich ist; und
 Herstellen der Basis (22), falls die zum maschinellen Bearbeiten der Basis (22) erforderliche Zeit kürzer ist als die zum Bilden der mehreren gesinterten Schichten (11) erforderliche Zeit.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke des entfernten Oberflächenbereichs größer ist als die Dicke einer durch Anhaften von Pulvermaterial an den gesinterten Schichten (11) gebildeten Oberflächenschicht, wobei die Dicke der Oberflächenschicht niedriger ist als diejenige der gesinterten Schichten (11).
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die gesinterten Schichten (11) durch das Entfernen des Oberflächenbereichs freigelegt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Entfernen des Oberflächenbereichs durch Schneiden durchgeführt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Entfernen des Oberflächenbereichs durch einen Laser durchgeführt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Schritt (e) ein Lichtstrahl (L) auf einen zu entfernenden Bereich ausgegeben wird, um diesen Bereich zu erwärmen.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Schritt (e) ein Lichtstrahl (L) auf einen Teil des geformten Gegenstandes, von dem der Oberflächenbereich entfernt worden ist, ausgegeben wird, um die Dichte dieses Bereiches zu erhöhen.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass um die gesinterten Schichten (11) herum befindliches ungesintertes Pulver oder durch das Entfernen des Oberflächenbereiches erzeugte Schleifspäne während des Schritts (e) entfernt werden.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Schritt (e) um die gesinterten Schichten (11) herum befindliches ungesintertes Pulver entfernt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Schritt (e) Harz oder Wachse in einen Bereich gefüllt werden, aus dem das ungesinterte Pulver oder die Schleifspäne entfernt worden sind.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Schritt (e) das un-

- gesinterte Pulver verfestigt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das ungesinterte Pulver durch Frieren verfestigt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das ungesinterte Pulver durch mittels Harz oder Wachse verfestigt wird.
16. Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Gegenstandes, mit:
 einer Pulverschicht-Bildungseinheit (2) zum Bilden einer Pulverschicht (10);
 einer Sinterschicht-Bildungseinheit (3) zum Bilden einer gesinterten Schicht durch Ausgeben eines Lichtstrahls (L) auf einen vorbestimmten Bereich der Pulverschicht (10);
 einem Abstandsregulator (20) zum Regeln des Abstandes zwischen der Sinterschicht-Bildungseinheit (3) und der gesinterten Schicht (11); und
 einer Oberflächenschicht-Entfernungseinheit (4) zum Entfernen einer Oberflächenschicht, deren Dichte niedriger ist als diejenige der gesinterten Schicht (11).
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, gekennzeichnet durch eine in enger Nähe zu der Pulverschicht-Bildungseinheit (2) gehaltene Abföhreinheit (51) zum Abführen von ungesintertem Pulver oder Schleifspänen, die durch die Oberflächenschicht-Entfernungseinheit (4) erzeugt wurden.
18. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, gekennzeichnet durch eine Abföhreinheit (51) zum Abführen von durch die Oberflächenschicht-Entfernungseinheit (4) erzeugten ungesinterten Pulver oder Schleifspänen, wobei die Abföhreinheit (51) mit einer Antriebsseinheit (40, 55) versehen ist, mit der die Abföhreinheit (51) entlang einer Konturlinie jeder zu formenden Ebene bewegt wird.

Hierzu 14 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

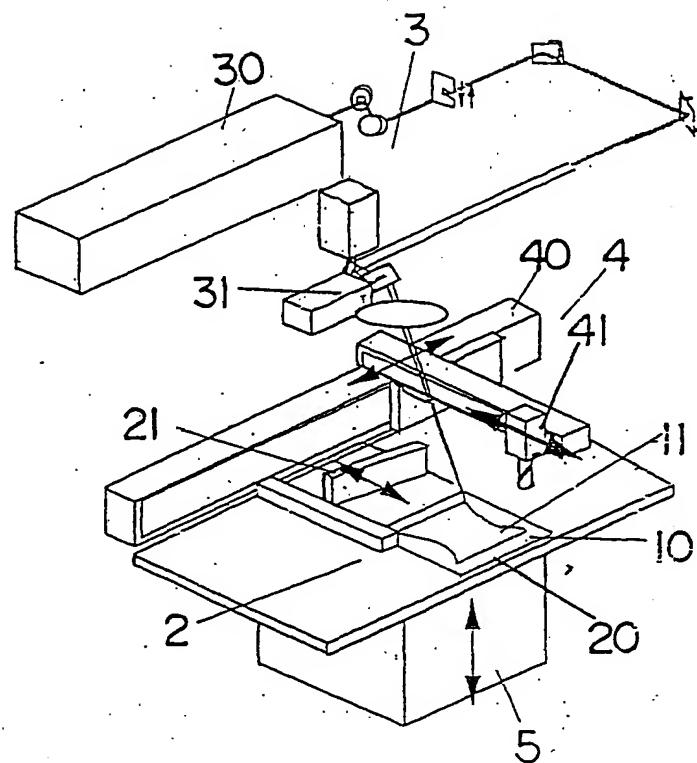
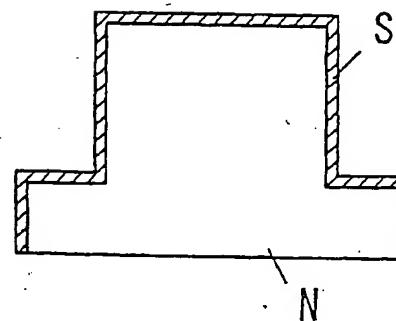


Fig. 4



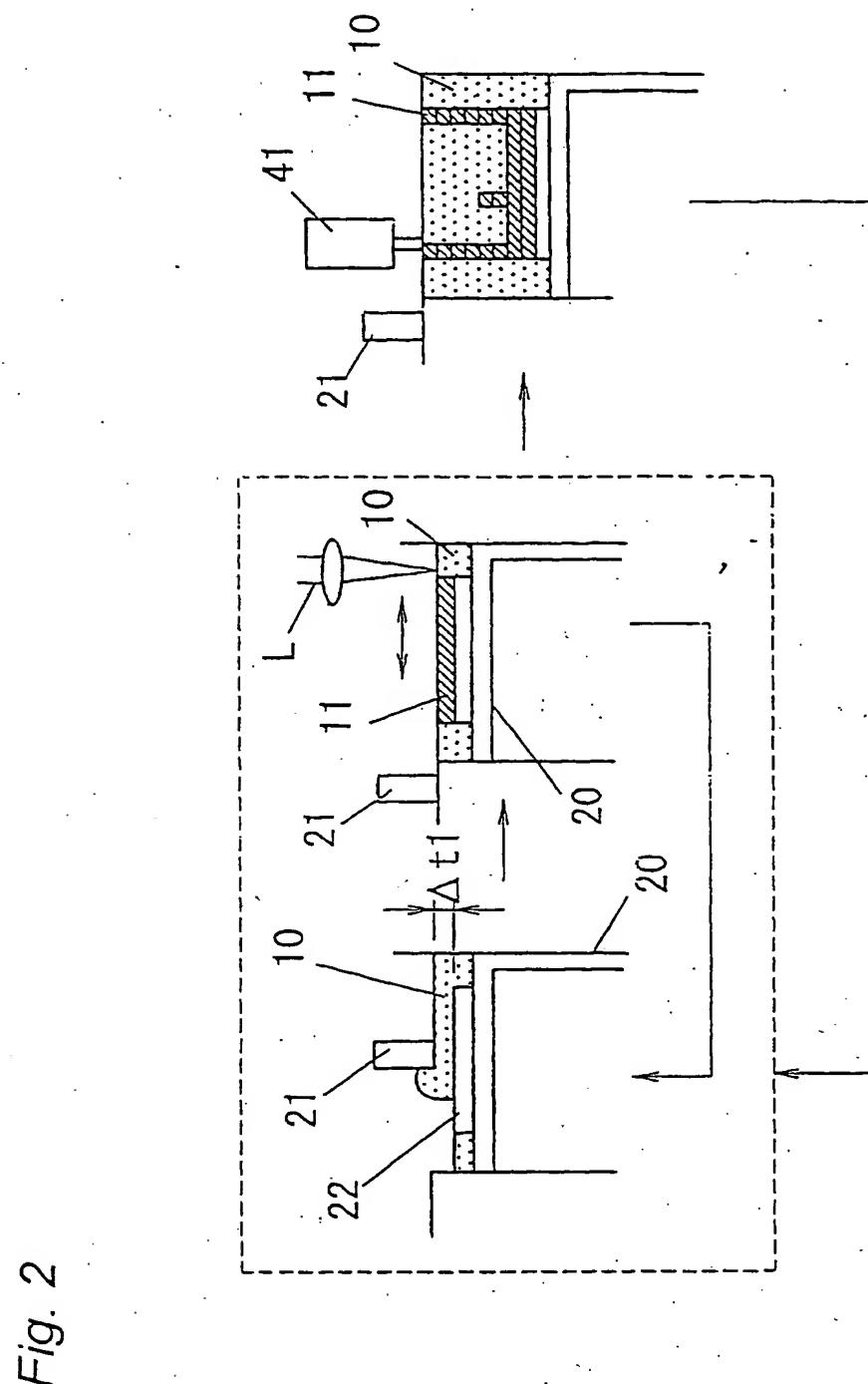


Fig. 2

Fig. 3

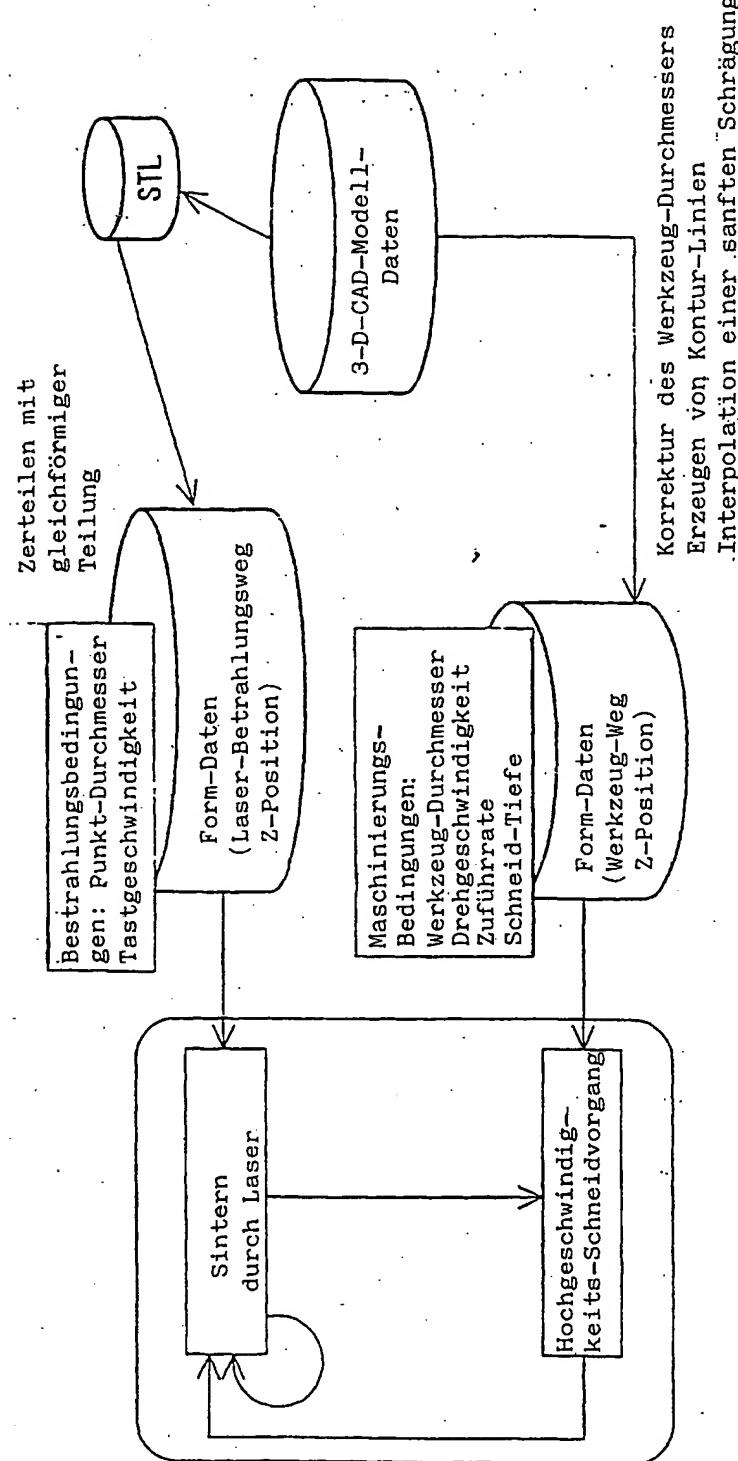


Fig. 5A

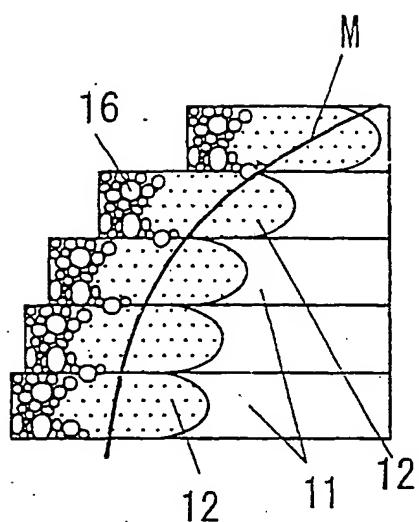


Fig. 5B

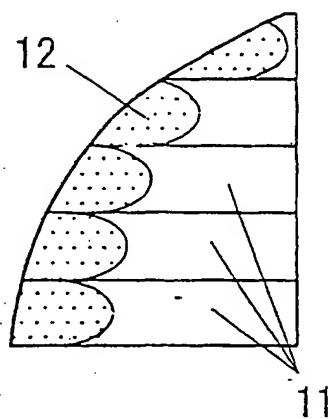


Fig. 8

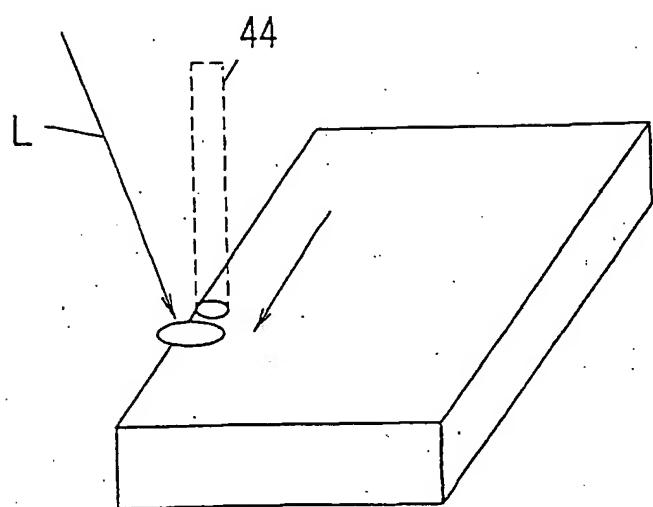


Fig. 6A

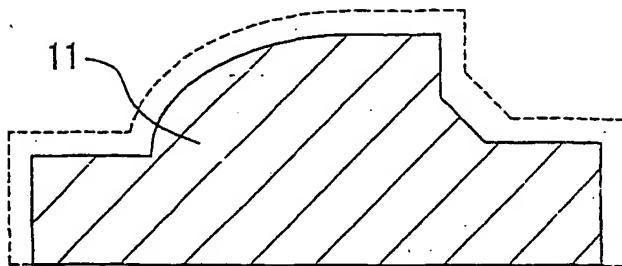


Fig. 6B

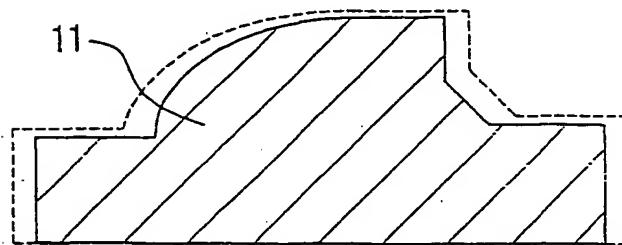


Fig. 7

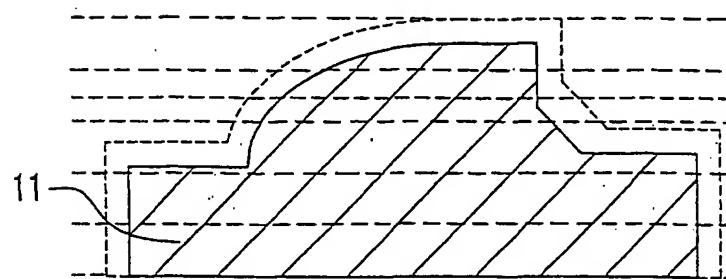


Fig. 9

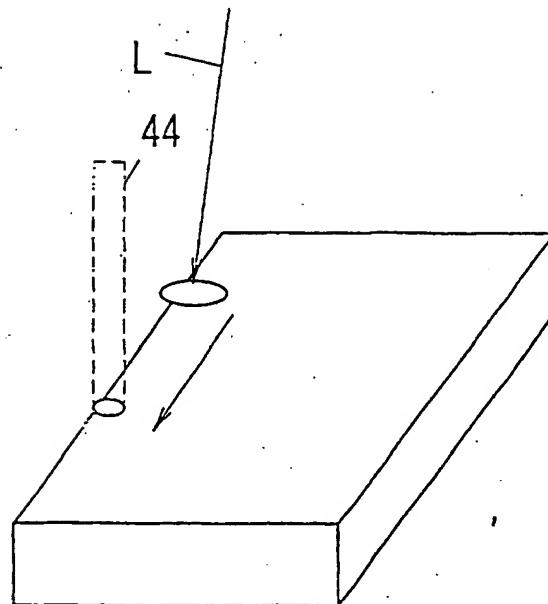


Fig. 10

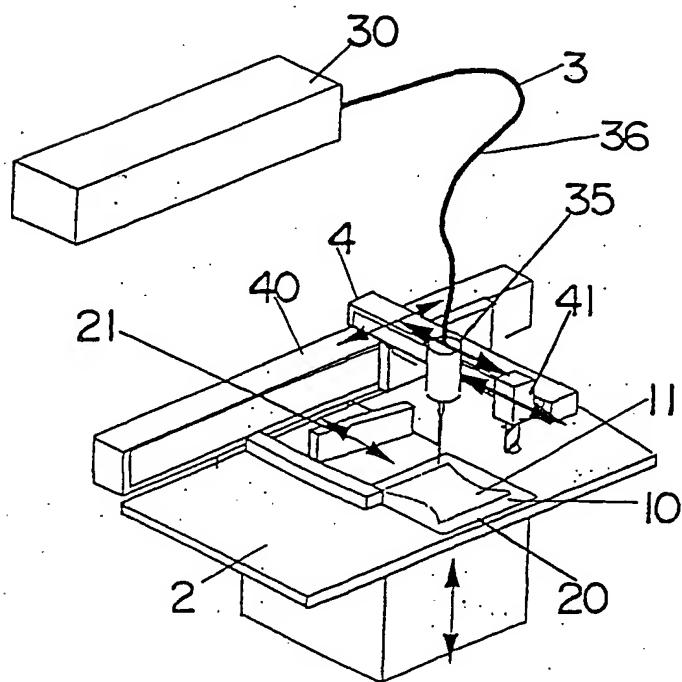


Fig. 11

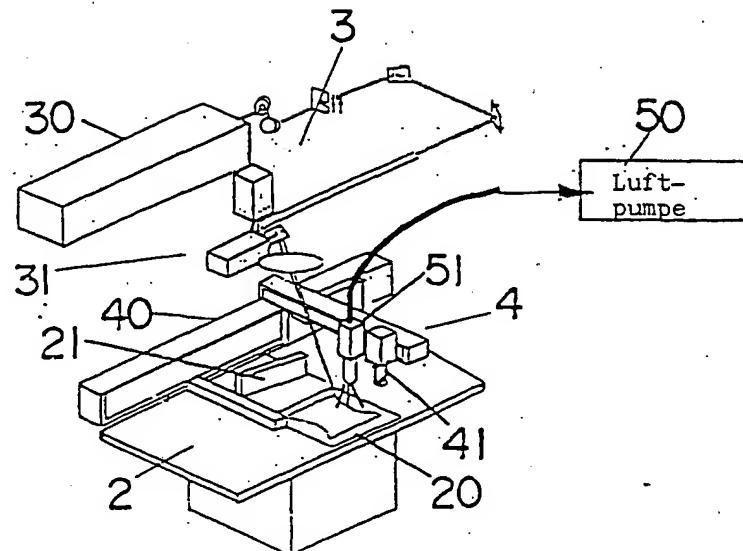


Fig. 12A

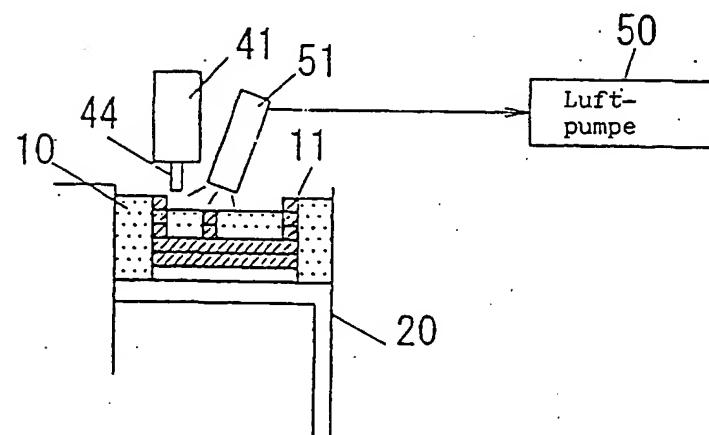


Fig. 12B

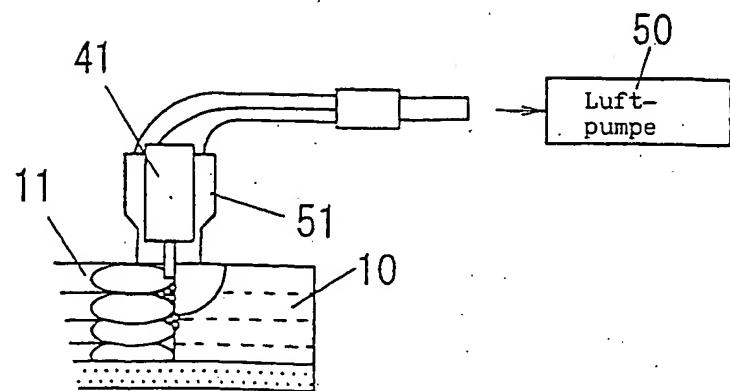


Fig. 13A

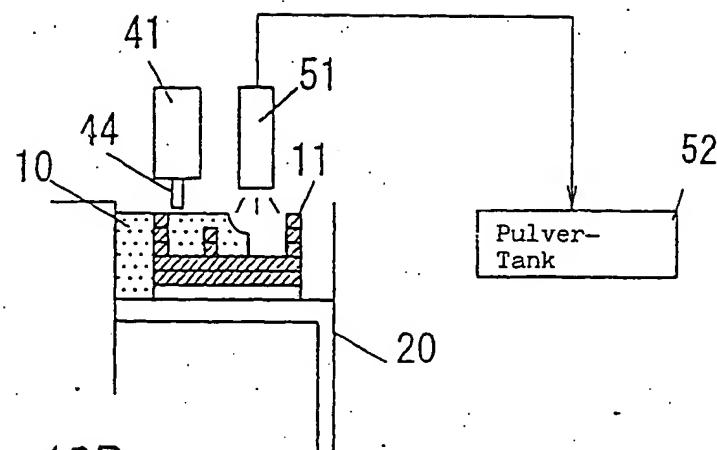


Fig. 13B

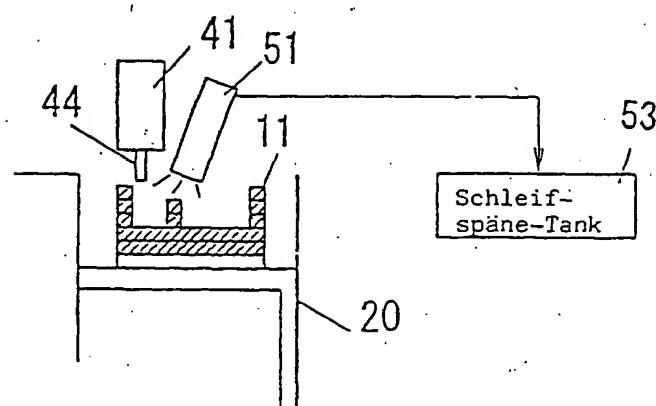


Fig. 14A

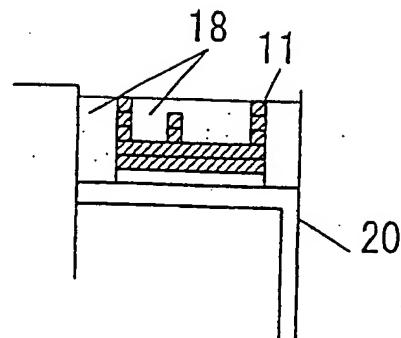


Fig. 14B

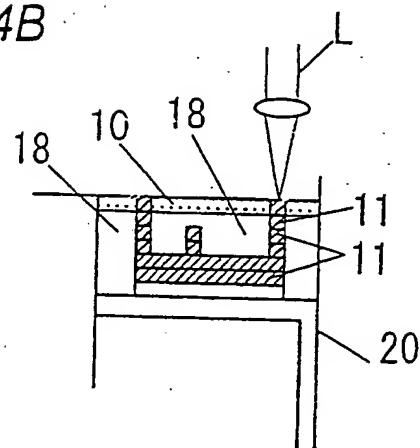


Fig. 14C

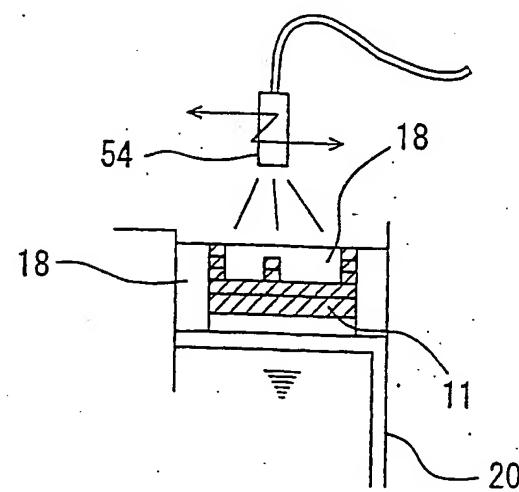


Fig. 15

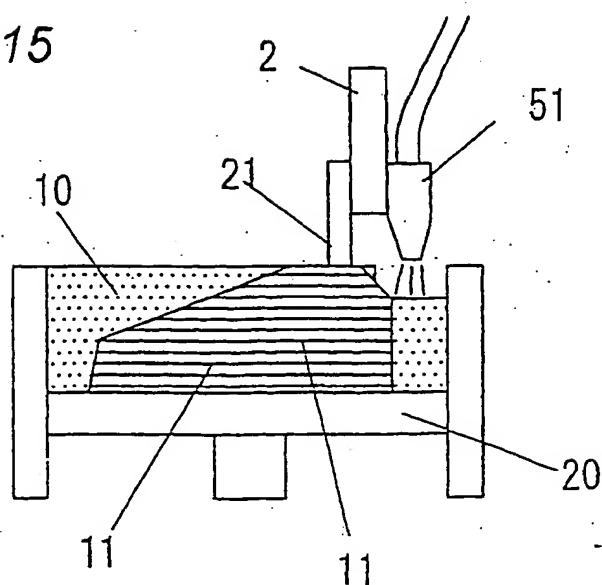


Fig. 16A

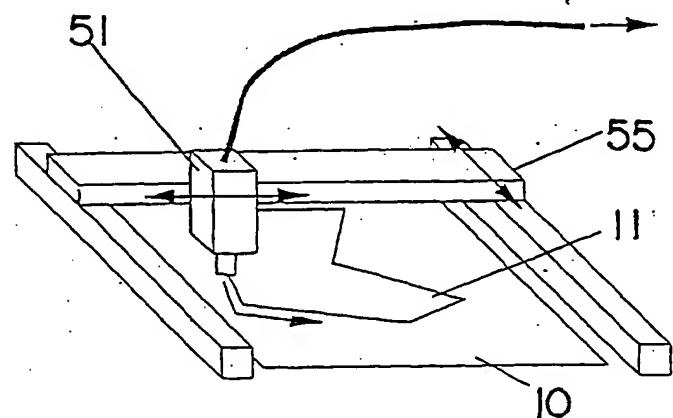


Fig. 16B

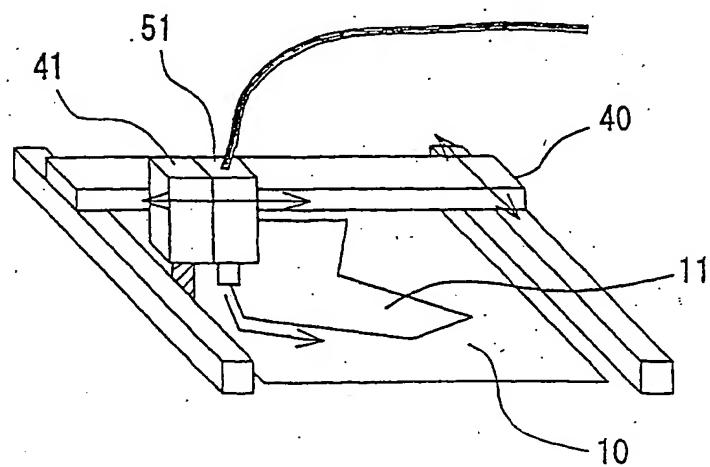


Fig. 17

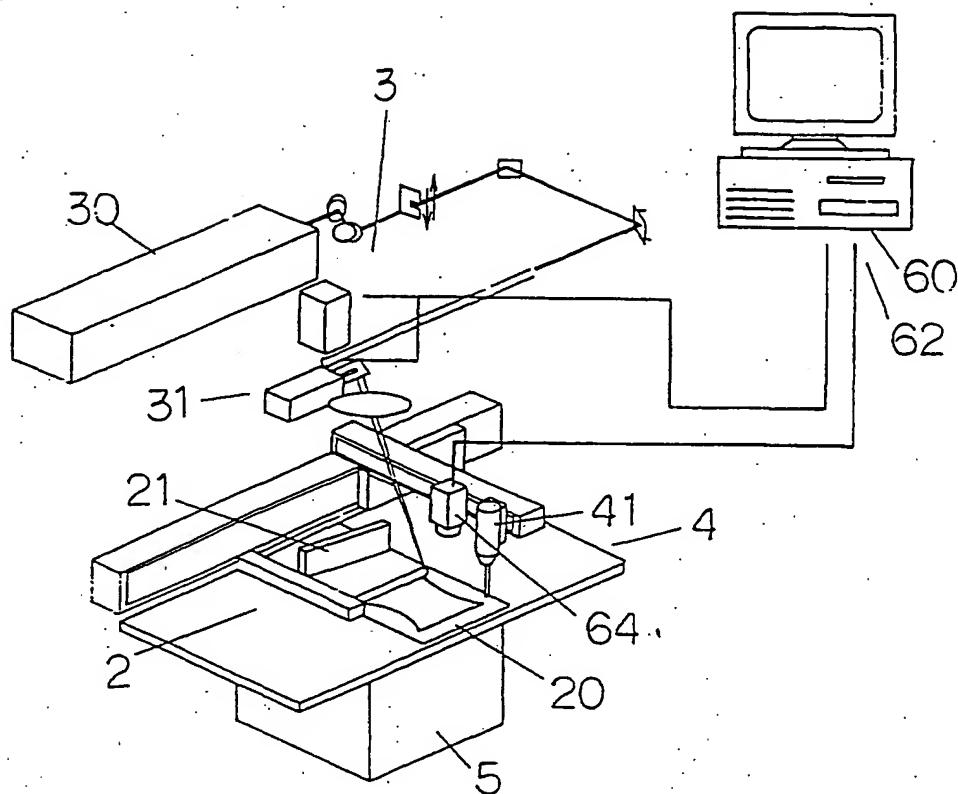


Fig. 19

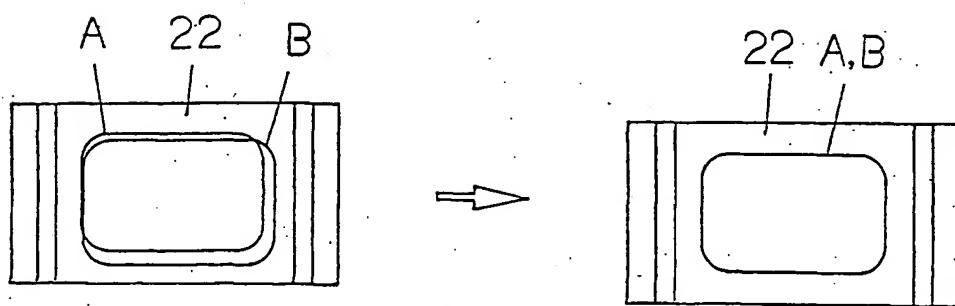


Fig. 18A

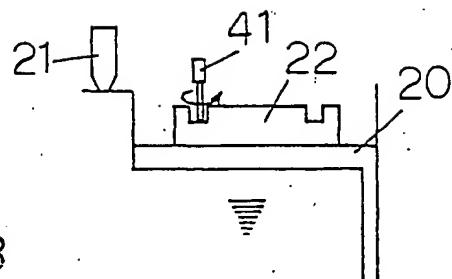


Fig. 18B

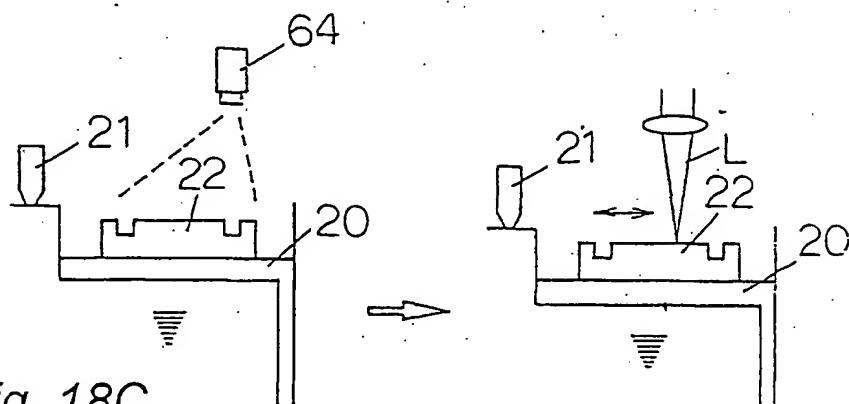


Fig. 18C

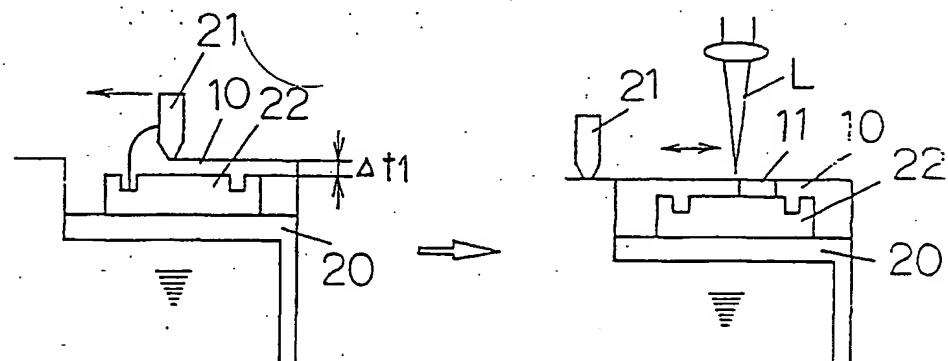


Fig. 18D

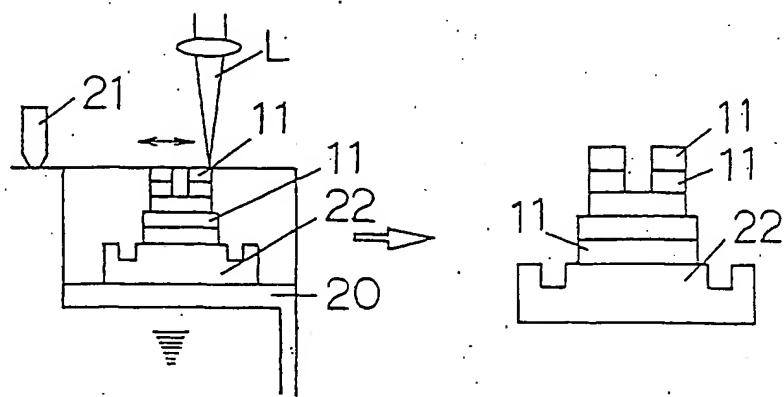


Fig. 20

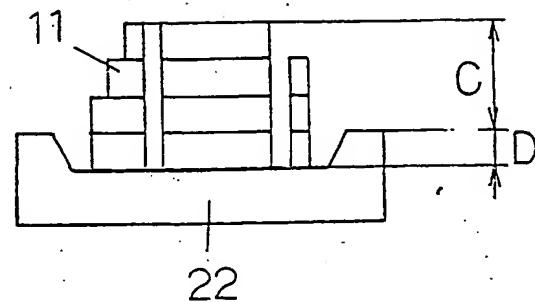


Fig. 21A

Stand der Technik

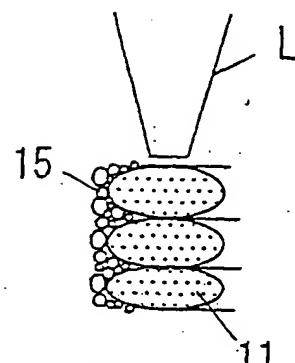


Fig. 21B

Stand der Technik

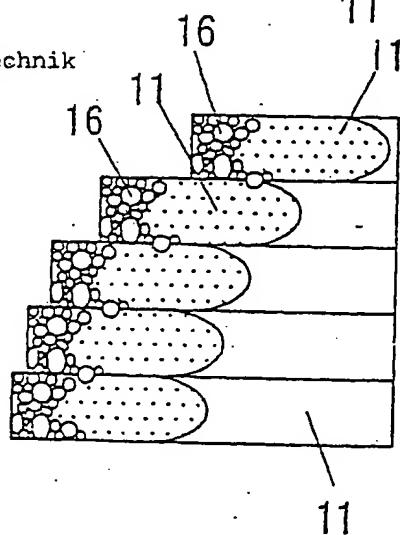


Fig. 21C

Stand der Technik

